

TEHTÄVIEN RATKAISUT

6-1. a) Kokonaisresistanssi on $R = R_1 + R_2 = 25 \Omega + 35 \Omega = 60 \Omega$.

b) Kokonaisresistanssin laskemiseksi lavennetaan yhtälö

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \text{ muotoon } \frac{1}{R} = \frac{R_2}{R_1 R_2} + \frac{R_1}{R_1 R_2} \text{ ja}$$

edelleen $\frac{1}{R} = \frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2}$. Tästä saadaan kokonaisresistanssiksi

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{25 \Omega \cdot 35 \Omega}{25 \Omega + 35 \Omega} \approx 15 \Omega.$$

6-2. Valosarjassa kulkeva sähkövirta on $I = \frac{U}{R_{\text{kok}}} = \frac{24 \text{ V}}{10 \cdot 25 \Omega} \approx 96 \text{ mA}$.

6-3. Vasemmanpuoleisessa kytkentäkaaviossa vastukset ovat sarjassa;

$$R = R_1 + R_2 = 5,0 \Omega + 5,0 \Omega = 10,0 \Omega.$$

$$\text{Virtamittarin lukema on } I = \frac{U}{R_{\text{kok}}} = \frac{12 \text{ V}}{10,0 \Omega} = 1,2 \text{ A}.$$

Oikeanpuoleisessa kytkennässä vastukset on kytketty rinnan:

$$\text{Yhtälö } \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \text{ saadaan muotoon } \frac{1}{R} = \frac{R_2}{R_1 R_2} + \frac{R_1}{R_1 R_2} \text{ ja}$$

$$\text{edelleen } \frac{1}{R} = \frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2}.$$

Tästä saadaan kokonaisresistanssiksi

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{5,0 \Omega \cdot 5,0 \Omega}{5,0 \Omega + 5,0 \Omega} = 2,5 \Omega.$$

$$\text{Virtamittarin lukema on } I = \frac{U}{R} = \frac{12 \text{ V}}{2,5 \Omega} = 4,8 \text{ A}.$$

6-4. Ylimmän lampun läpi kulkeva sähkövirta on $I = \frac{U}{R} = \frac{2,5 \text{ V}}{15,7 \Omega} \approx 0,16 \text{ A}$,

$$\text{keskimmäisen } I = \frac{U}{R} = \frac{2,5 \text{ V}}{10,5 \Omega} \approx 0,24 \text{ A ja}$$

$$\text{alimman } I = \frac{U}{R} = \frac{2,5 \text{ V}}{2,1 \Omega} \approx 1,2 \text{ A}.$$

6-5. Koska kytkennän vastukset on kytketty rinnan, resistanssi saadaan

yhdistelmästä $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$. Se saadaan muotoon $\frac{1}{R} = \frac{R_2}{R_1 R_2} + \frac{R_1}{R_1 R_2}$ ja

edelleen $\frac{1}{R} = \frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2}$.

Vastusyhdistelmän kokonaisresistanssi on $R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$. Jännitelähteen

jännite on $U = RI = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} I = \frac{25\Omega \cdot 35\Omega}{25\Omega + 35\Omega} \cdot 0,45\text{ A} \approx 6,6\text{ V}$.

6-6. Jos lampun napojen välinen jännite on suurempi kuin muiden samanlaisten lamppujen, lamppu palaa kirkkaammin kuin muut lamput.

a) Alin lamppu palaa kirkkaammin kuin kaksi ylintä. Kaksi ylintä palavat yhtä himmeästi.

b) Neljä alinta lamppua ovat yhtä kirkkaita, ja ne palavat kirkkaammin kuin ylimmät. Kolme ylintä palavat yhtä himmeästi.

6-7. a) Kytkennässä a kaksi lamppua on kytketty sarjaan, jolloin niiden läpi kulkeva sähkövirta on pienempi kuin vertailulampun läpi kulkeva virta. Molemmat a-kytkennän lamput palavat himmeämmin kuin vertailulamppu.

b) Kytkennässä b lamput ovat rinnan, joten niiden yhteisresistanssi on puolet vertailulampun resistanssista. Tällöin sama paristo aiheuttaa piiriin suuruudeltaan kaksinkertaisen sähkövirran. Tämä virta jakautuu kuitenkin puoliksi lampeille A ja B, joten ne palavat yhtä kirkkaasti kuin vertailulamppu.

c) Kytkennässä c molemmat lamput palavat yhtä kirkkaasti kuin vertailulamppu.

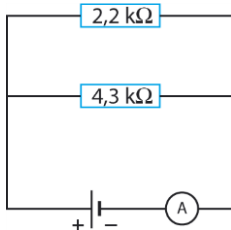
d) Kytkennässä d lamppu ei pala ollenkaan, sillä paristot on kytketty siten, että virtaa ei kulje tässä piirissä ollenkaan.

e) Kytkennässä e sähkövirralla on haarautumispiste. Toinen haaroista on pelkkää johdinta eli vastukseton. Sähkövirta kulkee ainoastaan tämän johtimen kautta (ts. lampun B kautta kulkeva virta on häviävän pieni). Lamppu B ei pala ollenkaan, lampun A kirkkaus on sama kuin vertailulampun.

f) Kytkennässä f kaksi paristoa on kytketty rinnan. Yhdistelmän napajännite on (likimain) sama kuin yhden pariston, joten lamppu palaa (likimain) samalla kirkkaudella kuin vertailulamppu: käytännössä eroa ei huomaa, mutta herkkä virtamittari osoittaisi piirissä kulkevan hieman suuremman sähkövirran kuin vertailupiirissä.

- 6-8.** a) Kirkkaimmin hehkuu lamppu L1 ja himmeimmin lamput L2 ja L3.
 b) Lamppu L3 sammuu, koska sen jännitehäviö on nolla (kytketty rinnan johtimen kanssa). Lampun L1 kirkkaus kasvaa (tai lamppu menee rikki liian suuren virran takia).

6-9. a) Kytkenäkaavio:



b) Kytkenän kokonaisresistanssi saadaan kaavasta $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$, josta

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{2,2 \text{ k}\Omega \cdot 4,3 \text{ k}\Omega}{2,2 \text{ k}\Omega + 4,3 \text{ k}\Omega} = 1,45538 \text{ k}\Omega.$$

Virtamittari näyttää virtapiirissä kulkevan sähkövirran suuruuden:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{1,34 \text{ V}}{1,45538 \text{ k}\Omega} \approx 0,92 \text{ mA}.$$

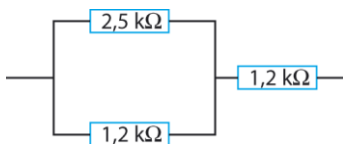
6-10. Neljän rinnankytketyn vastuslangan muodostaman lankayhdistelmän kokonaisresistanssi on

$$R_4 = \frac{R}{4} = \frac{6,5 \Omega}{4} = 1,625 \Omega.$$

Tällaisia lankayhdistelmiä on kytketty kaksi sarjaan. Kokonaisresistanssi on

$$R = R_4 + R_4 = 1,625 \Omega + 1,625 \Omega = 3,25 \Omega. \text{ Sähkövirta on } I = \frac{U}{R} = \frac{12 \text{ V}}{3,25 \Omega} \approx 3,7 \text{ A}.$$

6-11. Haluttu yhdistelmä saadaan, kun kytketään 1,2 kΩ ja 2,5 kΩ vastukset rinnan ja näiden kanssa sarjaan 1,2 kΩ vastus.



Vastukset $R_1 = 1,2 \text{ k}\Omega$ ja $R_2 = 2,5 \text{ k}\Omega$, on kytketty rinnan.

Yhtälöstä $\frac{1}{R_{12}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$

saadaan $\frac{1}{R_{12}} = \frac{R_2}{R_1 R_2} + \frac{R_1}{R_1 R_2}$ eli $\frac{1}{R_{12}} = \frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2}$ ja edelleen

$$R_{12} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{1,2 \text{ k}\Omega \cdot 2,5 \text{ k}\Omega}{1,2 \text{ k}\Omega + 2,5 \text{ k}\Omega} = 0,810811 \text{ k}\Omega.$$

Vastusyhdistelmän kokonaisresistanssi on

$$R = R_{12} + R_3 = 0,810811 \text{ k}\Omega + 1,2 \text{ k}\Omega \approx 2,0 \text{ k}\Omega$$

- 6-12.** Kun säätövastuksen resistanssi on nolla, koko sähkövirta kulkee sen kautta. Kuvaajasta nähdään tämän virran suuruudeksi $6,0 \text{ mA} = 0,0060 \text{ A}$. Vastuksen 2 läpi ei kulje ollenkaan sähkövirtaa, eikä sen resistanssi silloin vaikuta piirissä kulkevan virran suuruuteen. Piirissä on siis vain vastus 1, jonka resistanssi on

$$R_1 = \frac{U}{I} = \frac{12 \text{ V}}{0,0060 \text{ A}} = 2,0 \text{ k}\Omega.$$

Kun säätövastuksen resistanssia kasvatetaan voimakkaasti, piirissä kulkevan virran suuruus ei enää (juurikaan) muutu. Kun säätövastuksen resistanssi on suuri, sen läpi ei kulje ollenkaan virtaa, jolloin sähkövirran suuruus määräytyy vastusten 1 ja 2 mukaan. Kuvaajasta nähdään virran suuruudeksi $0,0020 \text{ A}$.

Yhtälöstä $U = (R_1 + R_2)I$ saadaan $\frac{U}{I} = R_1 + R_2$. Vastuksen 2 resistanssi on

$$R_2 = \frac{U}{I} - R_1 = \frac{12 \text{ V}}{0,0020 \text{ A}} - 2,0 \text{ k}\Omega = 4,0 \text{ k}\Omega.$$

- 6-13.** Koska jokaisen vastuksen läpi kulkee sama sähkövirta, pienin resistanssi on vastuksella, jonka jännitehäviö on pienin ja suurin vastuksella, jonka jännitehäviö on suurin. Potentiaalikäyrältä voi päätellä, että vastuksen 2 resistanssi on pienin ja vastuksen 3 resistanssi on suurin.